

学位論文題名

イネの生育における窒素とリンの相互作用の解析

学位論文内容の要旨

作物の乾物生産は炭素・窒素代謝関係に強く支配される。窒素とリンは密接に関連しながら炭素・窒素代謝に関与する。そこで、本研究は、イネの生育における窒素とリンの相互作用が窒素とリンの吸収、炭素・窒素代謝ならびに乾物生産におよぼす影響を明らかにすることを目的として実施した。得られた結果は次の通りに要約される。

1. 各種作物における窒素集積と乾物およびリン集積との関係

1) 窒素集積と乾物生産の生育期間を通しての相互関係は、イネ科と根菜類作物では、指数関数的であり、マメ科作物では直線的であり、それはそれぞれの科の作物の生理的特性であると理解された。炭素-窒素関係はイネ科ならびに根菜類作物とマメ科作物で異なり、前者では炭素・窒素代謝関係が生育に伴って窒素代謝中心から炭素代謝中心へと変化するのに対して、後者では一生を通して窒素代謝中心であることが示された。

2) 生育を通しての窒素集積とリン集積の相互関係は、イネ科と根菜類作物では、指数関数的であり、マメ科作物では直線的であった。イネ科と根菜類作物では、炭素-窒素関係を反映する炭素-窒素インデックス (CNI) とリン-窒素関係を反映するリン-窒素インデックス (PNI) の間には直線的な相関関係が存在し、リンは窒素と密接に関連しながら窒素とリンの吸収と炭素-窒素代謝に関与すると推定された。

2. イネの生育における窒素とリンの相互作用

1) 窒素施与は生育を遅延し、リン施与は生育を促進した。すなわち、生育相は窒素とリンの相互作用によって制御され、移植から開花までの生育期間は栄養生長期および開花期の葉の窒素含有率の上昇によって延長され、リン含有率の上昇によって短縮された。

2) 窒素とリンの吸収に対する単位根重当たりの窒素およびリン吸収能の寄与率は全根重のそれより高かった。窒素吸収能とリン吸収能の間には正の相関関係があり、窒素集積量は窒素吸収能とリン吸収能の両者によって制御され、リン集積量も両者によって制御された。窒素とリンはその吸収過程で相互に強く影響し、低リン条件下では根から地上部への窒素の輸送が抑制された。

3) 葉の光合成能は葉の窒素含有率とリン含有率の両者と密接に関連した。また、リン/窒素含有率比と葉の光合成速度との間には放物線的な関係が存在し、高い光合成能の維持において窒素とリン含有率だけでなく、窒素とリンの含有率比も重要であることが示された。

4) 呼吸能/光合成能比とリン含有率およびリン/窒素含有率比の間には負の相関が存在した。生長効率 (乾物生産量 / (乾物生産量 + 呼吸量)) に対する窒素栄養状態の影響は小さいのに対し、リン栄養状態およびリン/窒素含有率比の影響は

大きく、低リン条件下では生長効率が有意に低下した。

3. 炭素・窒素代謝関係におよぼす窒素とリンの相互作用

1) 標準栽培したイネの葉における ^{14}C 化合物の有機酸、アミノ酸、タンパク質など窒素代謝系への分配率は生育に伴って低下し、特に、幼穂形成期を境に急速に低下した。短日処理条件では、葉における ^{14}C 化合物の窒素代謝系への分配率が低下した。これらのことから、葉における初期光合成産物の分配機構は生育時期によって異なり、栄養生長期では光合成により獲得された炭素は窒素代謝系に多く分配され、幼穂形成期を境に生殖生長期では糖、多糖類など炭素代謝系により多く分配されるように調節されることが示された。

2) 生育の各時期において、 $^{14}\text{CO}_2$ 同化直後の葉における窒素代謝系と炭素代謝系への分配率と30分後の分配率および12時間目の全植物体における分配率はほぼ対応した。さらに、全植物体における単位窒素当たりの乾物集積量は ^{14}C 光合成産物の炭素代謝系への分配率の上昇に伴って増加した。したがって、全植物体の炭素・窒素関係は葉における初期光合成産物の窒素代謝系と炭素代謝系への分配によって制御されると推定された。

3) 単葉、全葉および全植物体における ^{14}C 光合成産物の窒素代謝系への分配率は葉の窒素含有率の上昇に伴って上昇し、リン含有率の上昇に伴って低下した。すなわち、光合成産物の窒素代謝系と炭素代謝系への分配は窒素とリン栄養状態の両者によって調節された。

4) 生育に伴ってPEPC活性は低下し、SPS活性はあまり変化せず、PEPC/SPS活性比は低下した。また、短日処理によって、PEPC活性は低下し、SPS活性は上昇した。初期光合成産物の窒素代謝系への分配率はPEPC活性の上昇によって上昇し、炭素代謝系への分配率はSPS活性の上昇によって上昇した。PEPC活性は葉のリン/窒素含有率比の上昇によって低下し、SPS活性はリン/窒素含有率比上昇によって上昇した。したがって、生育に伴う炭素・窒素代謝関係の変化はPEPCとSPSによって制御される生理的代謝機構の変化に起因すると考えられた。

5) リン施肥に対するPEPC活性とSPS活性の反応は窒素供給レベルによって異なり、窒素施肥に対するPEPC活性とSPS活性の反応はリン供給レベルによって異なった。窒素が十分に供給された場合のリン施肥、あるいはリンが十分に供給された場合の窒素施肥はPEPC活性とSPS活性をともに上昇させた。低窒素-高リンと低リン-高窒素条件ではPEPC活性が上昇し、SPS活性が低下した。

6) 根から吸収した ^{32}P が葉のタンパク質に取り込まれることが確認された。SDS-PAGEにより葉のタンパク質を分画した結果、 ^{32}P によるタンパク質のリン酸化は選択的であり、強い放射活性を示す5本のバンドが存在した。しかし、各タンパク質の ^{32}P 放射活性のパターンは短日処理と標準処理で同様の傾向を示し、短日処理によって特異的に強い放射活性を示すタンパク質は認められなかった。また、 ^{32}P 活性が強く現れたバンドはSPSとPEPCに相当するものではなかった。したがって、高リン処理と短日処理によるPEPC活性とSPS活性への影響は無機リンが直接PEPCとSPSのリン酸化を促進するものではなく、それ以外のある種のタンパク質のリン酸化を促進し、そのタンパク質による代謝調節を通してPEPCやSPSなどの炭素・窒素代謝関連酵素活性を調節すると推定された。

以上の結果から、窒素とリンの相互作用は、それらの養分吸収に強く影響し、さらに光合成や呼吸、生長効率、生育相の進行にたいして影響し、乾物生産を制御することが明らかになった。イネの生育に伴う炭素-窒素関係の変化は葉における初期光合成産物の分配機構の変化に起因し、窒素とリンの相互作用は生育相の進行と炭素・窒素代謝を制御すると結論された。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 但 野 利 秋

副 査 教 授 本 間 守

副 査 助 教 授 大 崎 満

学 位 論 文 題 名

イネの生育における窒素とリンの相互作用の解析

本論文は、図48、表29、引用文献159を含む総頁数120の和文論文であり、別に参考論文4編が添えられている。

本研究は、イネの養分吸収、乾物生産ならびに炭素・窒素代謝機構における窒素とリンの相互作用を解明することを目的として実施したものである。得られた結果の概要は次の通りである。

1. 各種作物における窒素集積と乾物およびリン集積との関係

生育期間を通しての乾物-窒素およびリン-窒素関係は、イネ科と根菜類作物では、指数関数的であり、マメ科作物では直線的であった。イネ科と根菜類作物では、炭素-窒素関係を反映する炭素-窒素インデックス (CNI) とリン-窒素関係を反映するリン-窒素インデックス (PNI) の間には密接な直線的な相関関係が存在した。マメ科作物では炭素・窒素代謝関係が変化しないのに対し、イネ科作物では生育に伴って窒素代謝中心から炭素代謝中心へと変化することが示唆され、リンは窒素と密接に関連しながら窒素とリンの吸収と炭素-窒素代謝に関与すると推察された。

2. イネの生育における窒素とリンの相互作用

1) 移植から開花までの生育期間は栄養生長期または開花期の葉の窒素含有率の上昇に伴って延長され、リン含有率の上昇に伴って短縮された。

2) 単位根重当たりの窒素吸収能と単位根重当たりのリン吸収能は密接に関連し、窒素集積量は窒素吸収能およびリン吸収能の両者によって制御され、リン集積量も両者によって制御された。窒素とリンはその吸収過程で相互に強く影響し、低リン条件下では根から地上部への窒素の輸送が抑制された。

3) 葉の光合成速度は葉の窒素含有率およびリン含有率の両者によって制御され、光合成に対し、葉の最適リン/窒素含有率比が存在した。一方、リン含有率および

リン／窒素含有率比の低下によって呼吸能／光合成能比は上昇し、生長効率は低下した。

3. 炭素・窒素代謝関係におよぼす窒素とリンの相互作用

1) 標準栽培したイネの葉における¹⁴C光合成産物の有機酸、アミノ酸、タンパク質など窒素代謝系への分配率は生育に伴って低下し、特に、幼穂形成期を境に急速に低下した。短日処理条件では、葉における¹⁴C化合物の窒素代謝系への分配率が低下した。¹⁴CO₂同化直後の初期光合成産物の窒素代謝系と炭素代謝系への分配率とその後の分配率はほぼ対応した。

2) 光合成により獲得された炭素の窒素代謝系への分配率は葉の窒素含有率の上昇に伴って上昇し、リン含有率の上昇に伴って低下した。すなわち、光合成産物の窒素代謝系と炭素代謝系への分配は窒素とリン栄養状態の両者によって調節された。

3) 生育に伴ってPEPC活性は低下し、SPS活性はあまり変化せず、PEPC/SPS活性比は低下した。また、短日処理によって、PEPC活性は低下し、SPS活性は上昇した。初期光合成産物の窒素代謝系への分配率はPEPC活性の上昇によって上昇し、炭素代謝系への分配率はSPS活性の上昇によって上昇した。PEPC活性は葉のリン／窒素含有率比の上昇によって低下し、SPS活性はリン／窒素含有率比の上昇によって上昇した。したがって、生育に伴う炭素・窒素代謝関係の変化はPEPCとSPSによって制御される生理的代謝機構の変化に起因し、それに対して窒素とリンの栄養状態が影響をおよぼすと考えられた。

4) 以上の結果から、イネの生育に伴う炭素－窒素関係の変化は葉における初期光合成産物の分配機構の変化に起因し、窒素とリンの相互作用は炭素・窒素代謝を制御すると結論された。

以上のように、本研究はイネの生育に伴う炭素－窒素関係の変化は葉の炭素・窒素代謝機構の変化に起因し、窒素とリンの相互作用はそれらの養分吸収、生育相の進行および乾物生産性と密接に関連することを明らかにした。これらの知見は学術的に高く評価されると同時に、作物の生育制御と施肥効率の向上のための基本方針を示すものである。よって審査員一同は鄭 泰根が博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。